

4. A jövőben várható klímaváltozás a régióban

*Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna,
Mezősi Gábor*

Bevezetés

A régióban a természet és a gazdaság számára is az egyik legmeghatározóbb korlátozó tényező az elérhető vízkészletek változása. Láttuk, hogy elmúlt évtizedekben az éghajlati paraméterek változása miatt régióban csökkentek az elérhető vízkészletek, az aszály előfordulási gyakorisága megnőtt és ezen belül is gyakrabban fordulnak elő extrém aszályok. Ennek a változásnak jól kimutatható hatásait a környezeti rendszer egészére az előző fejezetben láthattuk. Az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján az éghajlat változása egyre fontosabbá válhat. Éppen ezért fontos kérdés a jövőben várható klímaváltozás jobb megismerése. Erre jelenleg a legjobb lehetőséget a klíma-modellek alkalmazása jelenti. A klíma-modellek az éghajlati rendszer összetett működésének tanulmányozására kerültek kidolgozásra, melyek legfontosabb elemei a felszín (talaj) modell, a levegőkémia (aeroszolkok, CO₂ körforgalom), az óceán modellek (tengeráramlások, tengeri jég) és a bioszféra modellek. Az éghajlati rendszer globális és regionális folyamatainak megértése, és a jövőre vonatkozó előrejelzések révén nyílik lehetőség arra, hogy a társadalom felkészülhessen a várható változások következményeire (Bartholy és Pongrácz 2005).

Az éghajlatváltozás globális jellemzőinek vizsgálatára az ún. globális numerikus modellek képesek jellemezni. A tudományos ismeretek és a számítógép-kapacitás fejlődésével párhuzamosan a modellek felbontása és pontossága is fejlődött és már megközelítőleg jó fizikai közelítést képesek adni a légköri, s

4. Klimatske promene koje se mogu očekivati u budućnosti

*Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna,
Mezősi Gábor*

Uvod

Promena raspoloživih vodnih resursa jedan je od najdominantnijih ograničavajućih faktora za prirodu i ekonomiju u regionu. To smo mogli da vidimo u proteklih nekoliko decenija, raspoloživi vodni resursi u regionu smanjeni su zbog promene klimatskih parametara, učestalost suša je porasla, a ekstremne suše su sve češće. Efekti ovih promena na sistem životne sredine su demonstrirane u prethodnom poglavlju. Zapažanja poslednjih nekoliko decenija ukazuju da bi klimatske promene mogle postati još uticajnije. Zato je bolje poznavanje budućih klimatskih promena od suštinskog značaja. Trenutno, najpogodniji metod za analizu očekivanih budućih klimatskih promena je verovatno primena klimatskih modela. Klimatski modeli su razvijeni s ciljem proučavanja složenih operacija klimatskog sistema. Najvažniji elementi su površinski model (podloga), hemijski procesi u atmosferi (aerosoli, ciklus CO₂), model okeana (morske struje, morski led) i model biosfere. Putem razumevanja globalnih i regionalnih procesa u klimatskom sistemu i budućih projekcija, društvo će biti u mogućnosti da se pripremi za posledice projektovanih promena (Bartholy i Pongrácz 2005).

Globalni numerički klimatski modeli mogu okarakterisati globalne odlike klimatskih promena. Paralelno sa razvojem naučnog znanja i računarskih kapaciteta, rezolucija i tačnost modela su napredovali i u stanju su da obezbede relativno dobru fiziku

az óceáni folyamatokra különböző jövőbeli emissziós forgatókönyvből kiindulva (Bartholy és Pongrácz 2005). A globális modellek tipikus ráctávolsága jelenleg 100–200 km (Mika 2011). A klímamodellezés egyik legfontosabb és legbizonytalanabb eleme az emberi tevékenység jövőbeli alakulása. Mivel a társadalmi és gazdasági fejlődés iránya pontosan nem látható előre, ezért a jövőbeli fejlődési tendenciákra számos hipotézist (forgatókönyvet) állítottak fel a népesség, energia-felhasználás, ipari és mezőgazdasági szerkezet változása alapján. Ezek a forgatókönyvek különböző mértékű üvegházgáz és aeroszol kibocsátást és az ennek megfelelő koncentrációt feltételeznek. Vannak optimista, pesszimista és átlagos változatok, melyeket figyelembe véve futtatják a globális modelleket (Nakicenovic és Swart 2000).

A bemutatott globális modellek felbontása kisebb léptékű regionális elemzésekhez nem nyújt elegendő információt, ezért a globális klímamodellekhez szorosan kapcsolódva kidolgoztak regionális klímamodelleket, melyek kontinens vagy annál kisebb léptékben modellezik az éghajlati rendszert. Alkalmassak több fizikai folyamat pontosabb leírására, hiszen ebben a léptékben a domborzat (és egyéb felszíni jellemzők) pontosabban figyelembe vehetőek, és a szélsőséges jelenségek is megbízhatóbban leírhatóak (Szépszó és Zsebeházi 2010).

Módszerek

A régióban a jövőbeli klímaváltozás vizsgálatához REMO és az ALADIN regionális klímamodellekkel futtatott szimulációk eredményeit használtuk. A modellek futtatása és a klíma adatok előállítás az OMSZ Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztályán történtek. A modellek számításai 0,22°-os felbontásban készültek, így alkalmassak kisebb területek vizsgálatára is. Az emberi folyamatok előrejel-

atmosféri folyamatok és folyamatok közötti kapcsolatok (Bartholy és Pongrácz 2005). Rezolúció globális modellek 100–200 km (Mika 2011). Egyik legfontosabb és legbizonytalanabb eleme az emberi tevékenység jövőbeli alakulása. Mivel a társadalmi és gazdasági fejlődés iránya pontosan nem látható előre, ezért a jövőbeli fejlődési tendenciákra számos hipotézist (forgatókönyvet) állítottak fel a népesség, energia-felhasználás, ipari és mezőgazdasági szerkezet változása alapján. Ezek a forgatókönyvek különböző mértékű üvegházgáz és aeroszol kibocsátást és az ennek megfelelő koncentrációt feltételeznek. Vannak optimista, pesszimista és átlagos változatok, melyeket figyelembe véve futtatják a globális modelleket (Nakicenovic és Swart 2000).

Rezolúció demonstrált globális modellek nem lehetnek elegendően részletes információkat a kisebb területek regionalizálására. Regionalizált klímamodellek a regionalizált klímamodellekkel szorosan kapcsolódva kidolgoztak regionális klímamodelleket, melyek kontinens vagy annál kisebb léptékben modellezik az éghajlati rendszert. Alkalmassak több fizikai folyamat pontosabb leírására, hiszen ebben a léptékben a domborzat (és egyéb felszíni jellemzők) pontosabban figyelembe vehetőek, és a szélsőséges jelenségek is megbízhatóbban leírhatóak (Szépszó és Zsebeházi 2010).

Metode

Az éghajlati vizsgálatok célja a jövőbeli klímaváltozás vizsgálatához REMO és az ALADIN regionális klímamodellekkel futtatott szimulációk eredményeit használtuk. A modellek futtatása és a klíma adatok előállítás az OMSZ Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztályán történtek. A modellek számításai 0,22°-os felbontásban készültek, így alkalmassak kisebb területek vizsgálatára is. Az emberi folyamatok előrejel-

zésére az A1B forgatókönyvet figyelembe véve történtek a modellfuttatások, ami átlagosnak tekinthető változásokat reprezentál.

A számítások során két modellezett időszakot elemeztünk, 2021-2050 és 2071-2100 között napi hőmérséklet és csapadékatokat használtunk fel. Havi és éves átlagot számítottunk, majd eltérésüket a 1961-90-es bázis adatoktól elemeztük.

A jövőbeli klímaváltozás becslése során egyrészt a környezeti változásokra leginkább hatással lévő éghajlati elemek változását elemeztük, másrészt aszályossági indexek számításával. Az aszályveszély változása jól becsülhető aszályossági indexek számításával, melyeket egyes időszakok, évek aszályosságának jellemzésére fejlesztettek ki. A vizsgálatokhoz Pálfai-féle aszályossági index (PaDI) és standardizált csapadék index (SPI) index értékeket számítottunk.

A havi csapadék és hőmérséklet adatokat használó egyszerűsített PaDI index értékeket számítottuk ki a 2021-2050 és a 2071-2100 időszakra, amihez a napi adatsorokból havi átlagos hőmérséklet és csapadék értékeket számítottunk. A standardizált csapadék index (SPI) a csapadék adott területre vonatkozó éghajlati változékonyságának meghatározására használják. Előnye, hogy kis adatigényű, hátránya azonban, hogy nem mindig tükrözi megfelelően az aszályhelyzetet. Az index előnye még, hogy a PaDI-hoz képest rövidebb időszakokra számítható (1 hónaptól 12 hónapig), így lehetővé teszik a változások évszakos elemzését is. A becsléshez évszakos (3 havi) SPI-t számítottunk. Ezek az indexek habár kevés paramétert vesznek figyelembe és nem írják le teljesen a környezeti tényezők bonyolult rendszerét, mégis alkalmasak a tendenciák felvázolására. Az eredmények alapján ugyanis kijelölhetőek az aszály szempontjából legkritikusabb területek és megadható a várható változások időbelisége.

A1B scenario je korišćen za predviđanje ljudskih procesa koji mogu predstavljati prosečne promene.

Tokom analize procenjena su dva modelovana perioda. Podaci o dnevnoj temperaturi i padavinama za periode od 2021-2050. i 2071-2100. godine korišćeni su za kalkulaciju. Srednji mesečni i godišnji podaci za dnevne temperature i padavine su izračunati, pa su potom analizirani u odnosu sa podacima iz referentnog perioda od 1961-1990. godine.

Tokom procene buduće klimatske promene, analizirane su promene klimatskih parametara koje najviše utiču na promenu životne sredine i izračunati su indeksi suša. Promene rizika od suša mogu se proceniti izračunavanjem indeksa suše, koji je razvijen kako bi opisao ozbiljnost suše u određenim periodima tokom godine. Za izračunavanje su korišćeni Pálfai- Drought indeks (PaDI) i Standardized Precipitation indeks (SPI).

Pojednostavljen PaDI koji koristi mesečne podatke o padavinama i temperaturi je izračunat za dva analizirana buduća perioda - 2021-2050. i 2071-2100. Srednje mesečne temperature i padavine su izračunate na osnovu dnevnih podataka. Standardized Precipitation indeks (SPI) je korišćen za određivanje klimatske varijabilnost padavina na datom području. Prednost ovog indeksa je u tome što zahteva malo podataka, ali mana mu je to što ne reflektuje adekvatno sušnu situaciju. Prednost ovog indeksa je to što se može izračunavati za kraće periode od PaDI (na primer za period od 1 do 12 meseci), pa se i sezonske promene mogu analizirati. Iako ovi indeksi uzimaju u obzir nekoliko parametara i ne definišu kompleksne sisteme faktora životne sredine, oni se primenjuju samo za prikazivanje tendencija. Na osnovu rezultata, mogu se skicirati najkritičnija pogođena područja i mogu se projektovati vremenski aspekti promena.

Eredmények

A klímaváltozás várható tendenciái Kárpát-medencében a REMO és ALADIN modellek alapján a 21. században

A Kárpát-medencében a regionális klímamodellek a 21.-századra kismértékű évi csapadécsökkenést vetítenek elő. Az éven belüli csapadékváltozások jelentősebbek lesznek: a téli csapadék növekszik, míg nyáron intenzívebb csökkenés várható. Nő a nagy csapadékos napok száma, a csapadékos napok számának csökken, vagyis a csapadékmentes/száraz időszakok hossza növekedhet. Az évi középhőmérséklet a globális előrejelzésekhez hasonlóan nő, 2100-ig 3,5 °C hőmérséklet-emelkedést mutatnak a modell eredmények. Szaporodni fog a hőségnapok száma is, és ezzel párhuzamosan a fagyos napok számának csökkenése is várható. Az évek közötti változékonyság növekszik.

Növekvő évi átlaghőmérséklet és bizonytalan évi csapadékváltozás

Az éves átlag hőmérséklet változása a mintaterületen a referencia időszakhoz viszonyítva fokozódó melegedést jelez a vizsgált két jövőbeli periódusban. Az első modellezési időszakban (2021-2050) mindkét alkalmazott modell a terület DK-i részére, Központi Bánát területére jelzi a legnagyobb mértékű hőmérsékletnövekedést, míg Bács-Kiskun megye ÉNy-i felére mutatják a legkisebb melegedést. A hőmérsékletnövekedés mértéke erre az időszakra 1,5-1,7 °C körül várható az 1961-1990-es referencia időszakhoz viszonyítva. A második modellezési időszakra (2071-2100) a melegedési tendencia tovább folytatódik. erre az időszakra a modellek 3,5-3,7 °C hőmérsékletnövekedést jeleznek. A térbeli különbségek az előző időszakhoz hasonlóan alakulnak.

Az éves csapadékmennyiség változásának tekintetében a modellek előrejelzései

Rezultati

Očekivane tendencije klimatskih promena u Karpatskom basenu u 21. veku na osnovu REMO i ALADIN klimatskih modela

Regionalni klimatski modeli projektuju mali pad godišnjih padavina u Karpatskom basenu za 21. vek. Očekuje se značajnija promena sezonskih padavina: projektovano je povećanje padavina u zimskom periodu, a intenzivnije smanjenje u letnjem. Na osnovu izlaza modela povećaće se broj dana sa velikom količinom padavina; broj dana sa padavinama će se smanjiti, što znači da bi se dužina perioda bez padavina - sušnih perioda mogla povećati. Srednje godišnje temperature, kao i u globalnim projekcijama će se povećati – rezultat modela odražava povećanje temperature za 3,5°C do 2100. godine. Predviđeno je više dana sa ekstremno visokim temperaturama (vrućine), a istovremeno se može očekivati smanjenje dana sa mrazom. Očekuje se da će se razlike povećavati sa godinama.

Povećanje srednje godišnje temperature i neizvesne godišnje promene padavina

Promene srednje godišnje temperature na proučavanom području u odnosu na referentni periodu ukazuju na povećanje zagrevanja za dva analizirana buduća perioda. Za prvi modelovani period (2021-2050.), oba primenjena modela pokazuju najveći porast temperature u jugoistočnom delu regiona, u Centralnom Banatu, dok severoistočni deo Bács-Kiskun okruga pokazuje manje zagrevanje. Porast temperature za 1,5-1,7°C detektovan je u ovom periodu u poređenju sa referentnim periodom od 1961. do 1990. U drugom modelovanom periodu (2071-2100.) tendencija zagrevanja će se nastaviti i predviđen je porast temperature za 3,5-3,7°C. Prostorne razlike pratiće isti obrazac kao u prethodnom periodu.

sokkal bizonytalanabbak. A két modell a változás irányában és mértékében is eltérő előrejelzéseket mutat. A jelzett változások azonban mindkét modell alapján csupán kismértékűek, az átlagos értékek többé-kevésbé hasonlóak lehetnek az 1961–1990-es referencia időszak adataihoz. A modellek adatai alapján, éves szinten (-60)-(+35) mm változás várható a régióban, ami a referencia időszak csapadékmennyiségének kevesebb, mint 10 %-a.

Intenzívebb nyári melegedés és szárazodás

A nyári hónapok (július-augusztus) átlag hőmérséklet változása a mintaterületen a referencia időszakhoz viszonyítva az éves átlagos változásnál nagyobb mértékű melegedést jelez a vizsgált két jövőbeli periódusban. Az első modellezési időszakban (2021-2050) a modell szimulációk alapján a területen 1,4 és 3,7°C közötti középhőmérséklet emelkedés feltételezhető az 1961-1990-es referencia időszakhoz viszonyítva. Mindkét modell adatai azt mutatják, hogy a nagyobb mértékű változások a mintaterület déli részét érintik jobban, különösen a Vajdaság déli és keleti területét és Csongrád megye keleti részét. A második modellezési időszakra (2071-2100) a hőmérséklet növekedése még intenzívebb lehet, 4,4 és 6,6°C-os hőmérséklet emelkedés várható. A térbeli különbségek az előző időszakhoz hasonlóan alakulnak.

A nyári csapadékmennyiség változása a jövőbeli két vizsgált periódusra az éves változásnál jelentősebb csökkenést mutat. 2021-2050-re kis mértékű csökkenést jeleznek a modellek a referencia időszakhoz képest, viszont 2071-2100-ra akár 50 mm csökkenés is előfordulhat. Területi átlagban a referencia időszakban 110 mm csapadék hullott július-augusztus hónapokban, és az esetleges 50 mm csökkenés a század végére akár 40%-os csökkenést jelenthet.

U slučaju godišnje količine padavina, projekcije modela su manje sigurne. Primenjeni modeli imaju različite projekcije za pravac promena i njenu stopu. Oba modela pokazuju samo manje izmene, prosečne vrednosti su više ili manje slične referentnom periodu od 1961-1990. Na osnovu simulacija modela, predviđene su godišnje promene od (-60)-(+35) mm za region, što je za 10 % manje od godišnje količine padavina u referentnom periodu.

Intenzivnije zagrevanje i suvi periodi leti

Prosečna promena temperature u letnjim mesecima (od jula do avgusta) na proučavanom području pokazuje intenzivnije zagrevanje nego prosečna godišnja promena u dva buduća perioda u odnosu na referentni period. U prvom modelovanom periodu (2021-2050), na osnovu simulacija, pretpostavlja se porast srednje temperature od 1,4-3,7 °C u poređenju sa referentnim periodom od 1961-1990. Podaci oba modela ilustruju da se značajnije povećanje očekuje u južnom delu proučavanog područja, posebno u južnim i istočnim delovima Vojvodine i u istočnim delovima Csongrád okruga. Intenzivnije promene temperature predviđene su za drugi modelovani period (2071-2100.). Prostorne razlike su slične kao u prethodnom periodu.

Promena količine padavina leti za dva posmatrana buduća perioda ukazuje na značajnije smanjenje nego godišnje vrednosti upoređene sa referentnim periodom. Modeli ukazuju na neznatno smanjenje za period od 2012. do 2050. u poređenju sa referentnim periodom, međutim, čak i smanjenje od 50 mm bi se moglo desiti u periodu od 2071-2100. U referentnom periodu prosečna regionalna količina padavina, od jula do avgusta dostigla je 110 mm, tako da projektovano smanjenje od 50 mm čak možda ukazuje na pad od 40% do kraja veka.

A nyári hónapok hőmérsékletének igen jelentős szerepe van a mezőgazdasági termelés szempontjából, hiszen a hőmérsékletemelkedés megnövekedett párolgással, fokozottabb vízigénnyel, a reggeli harmatképződés csökkenésével járhat. Az intenzív hőmérséklet növekedéssel párhuzamosan jelentős csapadécsökkenés várható a modell szimulációk alapján, ami tovább fokozza a vízhiányt, amely az elmúlt évtized aszályos éveiben tapasztalt terméskieséseknél jóval jelentősebb gazdasági károkat is eredményezhet.

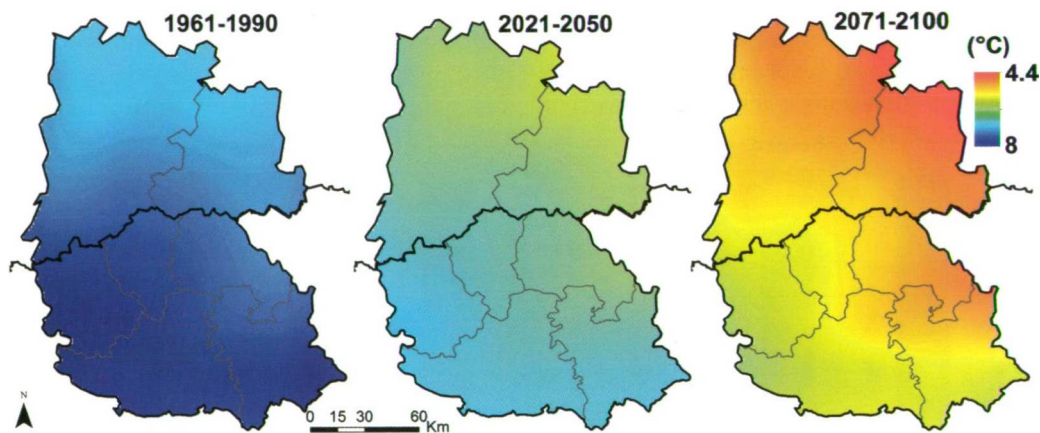
Az aszályveszély változása

A 21. század során a klímaváltozással együtt az aszályveszély mértéke is változik. A vegetációs időszakban jelentkező aszály számítására koncentrálna a Pálfi-féle aszályossági index, amely egy számértékkel jellemzi a mezőgazdasági évet, így a mezőgazdasági aszály kimutatására jól használható és a tapasztalatok alapján megfelelően jellemzi az aszályosság mértékét a kárpát-medencei klimatikus viszonyok mellett.

Temperature u letnjim periodima igraju važnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji, jer porast temperature može biti praćen porastom isparavanja, intenzivnijom potrebom za vodom, redukcijom količine formirane jutarnje vodene pare. Simulacije modela takođe predviđaju intenzivna povećanja temperature paralelno sa značajnim smanjenjem padavina. Ovo bi moglo dodatno intenzivirati nestašicu vode, koja bi čak mogla dovesti do značajnije štete u privredi. Koje bi mogle prevazići gubitak prinosa nastao tokom sušnih perioda u poslednjih nekoliko decenija.

Promena opasnosti od suše

Očekuje se da će se u 21. veku i stopa opasnosti od suše i stopa klimatskih promena promeniti. Pálfi Drought indeks fokusira se na suše koje se dešavaju u periodu vegetacije, opisujući suše u poljoprivrednoj godini sa jednom numeričkom vrednošću. Stoga se može koristiti za analizu poljoprivrednih suša, posebno u klimatskim uslovima Karpatskog



4.1 ábra A PaDI index térbeli mintázata a 2021-2050 és 2071-2100 időszakokban a REMO és ALADIN modell szimulációk átlaga alapján az 1961-1990-es referencia időszakhoz viszonyítva

Slika 4.1 Prostorna raspodela indeksa PaDI za vremenske intervale 2021-205 i 2071-2100 na osnovu simulacije modelima REMO i ALADIN, u poređenju sa referentnim periodom između 1961-1990

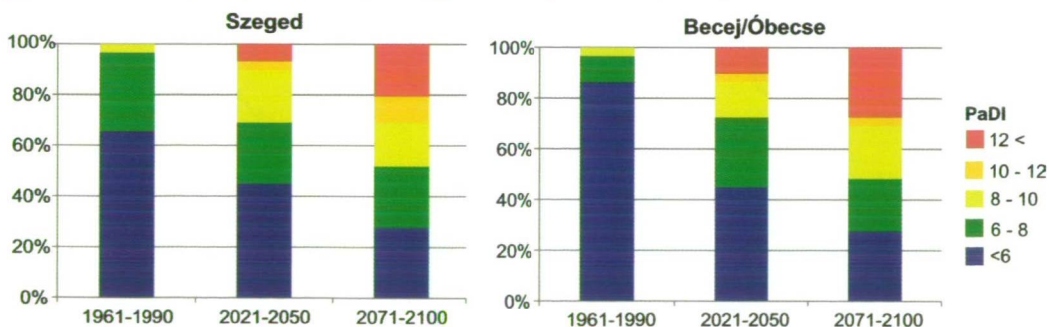
Fig. 4.1 Spatial distribution of PaDI values the periods of 2021-2050 and 2071-2100 compared to the reference period of 1961-1990 based on the average REMO and ALADIN model simulation data

A PaDI aszályindex térbeli mintázata alapján (4.1. ábra) a referencia időszakban Bács-Kiskun megye északkeleti és Csongrád megye szinte teljes területe volt jobban kitett az aszályoknak a mintaterületen. A sokéves átlag szerint a mintaterületet a referencia időszakban 4,4-5,5-ös Pálfai-index értékek jellemezték. A jövőben a 30 éves átlagok jelentős növekedése várható: 2021-2050-ben 5,3-6,6 közötti, 2071-2100 között pedig 6,2-8,0 átlagértékek lesznek jellemzőek. A mintázat a referencia időszakhoz hasonló, azonban Bács-Kiskun és Csongrád megye mellett még a vajdasági Észak-Bánát, Központi Bánát északi része és Dél-Bánát északkeleti része is fokozott aszályveszélynek lesz kitéve. A szerbiai megyék közül Nyugat-Bánátot érintheti a legkevésbé a vizsgált terület megyéi közül az aszályveszély fokozódása.

Az aszályveszély változásának általános tendenciái mellett fontos azt is tudni, hogy milyen gyakran fordulnak elő erősen aszályos évek (PaDI>10) a modellezési időszakokban és milyen lesz a térbeli eloszlása. 1961-1990 között nem voltak jellemzőek erősen aszályos évek csupán a terület ÉNy-i részén fordult elő 1 évben (4.2. ábra). Az ALADIN és REMO modell eredményeinek átlag adataival számolva 2021-2050-re a 30 évből a magyarországi megyékben 9-10 év, míg a vajdasági megyékben

basena. Na osnovu prostornog obrasca PaDI indeksasuše (Slika 4.1), severoistočni deo Bács-Kiskun okruga i skoro cele teritorije okruga Csongrád su bili skloniji suši u referentnom periodu. Na osnovu 30-ogodišnjih prosečnih podataka, vrednost PaDI indeksa od 4,4-5,5 za referentni period može da opiše proučavano područje. Očekuje se da će se prosečne vrednosti za period od 30 godina značajno povećati u budućnosti: srednja vrednost od 5,3-6,6 za period od 2021-2050, i srednja vrednost od 6,2-8,0 mogla bi biti tipična za period od 2071-2100. Obrazac je sličan onom u referentnom periodu, međutim, osim Bács-Kiskun okruga i Csongrád okruga, severni Banat u Vojvodini, kao i severni deo centralnog Banata i severoistočni deo južnog Banata imaju veće šanse da budu pogođeni opasnošću od suše. Među okruzima u Srbiji, najmanje je verovatno da će zapadni Banat biti pogođen povećanjem opasnosti od suše.

Osim generalnih tendencija promene opasnosti od suše, važno je znati koliko često se ozbiljne suše (PaDI>10) dešavaju u modelovanim periodima i kakva se prostorna distribucija očekuje. U periodu od 1961-1990. ozbiljne suše nisu bile tipične, samo su se u severoistočnom delu regiona dešavale jednom godišnje (Slika 4.2). Na osnovu



4.2 ábra. Különböző erősségű aszályok megoszlása Szegeden és Óbecsén az 1961-1990-es időszakban és a 2021-2050, 2071-2100 időszakokban a REMO és ALADIN modell szimulációk átlaga alapján

Slika 4.2 Distribucija intenziteta suše u Segedinu i Bečeu u periodu između 1961-1990, i u periodama između 2021-2050 i 2071-2100 na osnovu simulacije modelima REMO i ALADIN

Fig. 4.2 Distribution of drought with different strength in Szeged and Óbecse in the periods of 2021-2050 and 2071-2100 compared to the reference period of 1961-1990 based on the average REMO and ALADIN model simulation data

7-8 év lesz erősen aszályos, és 2071-2100 között a 30 évből majdnem a teljes mintaterületen 9-12 év. Ez azt jelenti, hogy a század végére majdnem minden második-harmadik év erősen aszályos lehet. A vizsgált régió tehát az évszázad végére fokozott mértékű aszályveszéllyel fog szembenézni a jövőben, melyre a területi tervezésnek már most készülnie kell.

A teljes vegetációs időszak jellemzése mellett, fontos információt nyújthat az egyes évszakokban jelentkező csapadékváltozás. Erről nyújthat információt az évszakokra számított 3 hónapos SPI index. A tavaszi időszakban lehulló csapadékmennyiség a vegetáció fejlődése számára nagyon fontos, a csapadékváltozás tendenciáinak ismerete ebben az időszakban fontos információkat nyújthatnak az öntözés jövőbeli szükségességéről. Az ALADIN és REMO regionális klímamodellek az átlagos 3 hónapos SPI alapján a tavaszi hónapokra (március-május) a referencia időszakhoz képest 2021-2050-re csupán kismértékű változást jeleznek és a változás iránya is eltérő. A 2071-2100 időszakra a modell szimulációk egységesebb képet mutatnak. Erőteljesebb negatív csapadék anomáliát a modellek Dél-Bácska területére jeleznek, míg Csongrád és Bács-Kiskun megyékben vannak olyan foltok, ahol az eredmények jelentős változásokat nem mutatnak a jövőben.

Az aszály szempontjából legkritikusabb a 3 nyári hónap (június-augusztus). Erre az időszakra a csapadék előrejelzés bizonytalansága ellenére mindkét modell azt mutatja, hogy a 21. század végére az aszályveszély mértéke növekszik (4.3. ábra). A 2071-2100 időszakban a SPI index értéke jelentős negatív csapadék anomáliát mutat, az index értéke a területen -0,5 és -1,5 közötti. A nagy negatív értékek a legszárazabb területeket jelölik. A területi kiterjedést tekintve a REMO a legjelentősebb negatív csapadék anomáliát a Vajdaság közép-ső és déli területére mutatja, míg az ALADIN modell csak a Vajdaság központi részére.

prosečnih podataka simulacija ALADIN i REMO modela, za period od 2021-2050. u mađarskim okruzima verovatno je da će 9 do 10 od 30 godina biti pogođeni sušama, dok ovaj broj u vojvođanskim okruzima iznosi 7 do 8 godina od 30 godina; između 2071-2100. godine, 9 od 12 sušnih godina imaće značajan uticaj na skoro sve oblasti. To znači da bi do kraja veka skoro svaka druga ili treća godina mogla biti pod snažnim uticajem suša. Proučavana oblast će se suočiti sa sve većim povećanjem opasnosti od suša do kraja veka, pa se regionalni planovi moraju uskoro pripremiti.

Osim karakterisanja celog vegetacionog perioda, sezonska promena padavina bi mogla da pruži značajne informacije. SPI indeks za period od 3 meseca takođe može obezbediti značajne podatke o ovome. Količina padavina u proleće je od vitalnog značaja za rast vegetacije. Kako bi dobili informacije u vezi sa budućom potrebom za navodnjavanjem, važno je znati tendenciju promena padavina. Na osnovu izračunatog SPI za tromesečni period proleća (od marta do maja), ALADIN i REMO regionalni klimatski modeli pokazuju neznatnu promenu za period od 2021-2050. u poređenju sa referentnim periodom, a pravac promena je takođe neizvesan. Simulacije modela pokazuju ravnomerniju sliku za period od 2071-2100. Intenzivnija negativna anomalija padavina je projektovana za region južne Bačke, dok u okruzima Csongrád i Bács-Kiskun postoje delovi, gde rezultati ne pokazuju značajne promene u budućnosti.

Tri letnja meseca (jun-avgust) su najkritičnija kada su u pitanju suše. Uprkos neizvesnosti predviđanja padavina za ovaj period, oba modela pokazuju da će se opasnost od suša povećati do kraja 21. veka (Slika 4.3). Vrednosti SPI indeksa (-0,5 do -1,5) pokazuje značajnu negativnu anomaliju padavina za period od 2071. do 2100. Najveće negativne vrednosti odnose se na najsušnija područja. Kada je u pitanju prostorni raspored, REMO projektuje najznačajniju negativnu anomaliju

Az őszi hónapok (szeptember-november) csapadékaiban a referencia időszakhoz képest az SPI index alapján a REMO és ALADIN adataiból számolt index értékek eltérő tendenciákat vázolnak fel. 2021-2050 időszakra a REMO modell adatai negatív csapadék anomáliát mutatnak, míg az ALADIN adatai alapján növekvő csapadék várható. A 2071-2100 időszakra viszont mindkét modell növekvő csapadékot jelez, a REMO erőteljesebb növekedést mutat, különösen a Vajdaság nyugati részére, az ALADIN becslései csak kis mértékű növekedést jeleznek elő.

A téli hónapok (december-február) csapadékmennyisége jelentősen hozzájárul a talaj víztartalékainak növekedéséhez, éppen ezért fontos megnézni, hogyan fog változni a jövőben. Az előrevetített jövőkép ez esetben sem teljesen egyértelmű, a két modell egymásnak ellentmondó eredményeket is mutat. A század végére (2071-2100) a REMO intenzívebb téli csapadéknövekedést jelez, különösen Bács-Kiskun megye területére, míg az ALADIN inkább kis mértékű csökkenést, különösen Csongrád és Bács-Kiskun megye északi és északkeleti részén, valamint Központi Bánát keleti részére is.

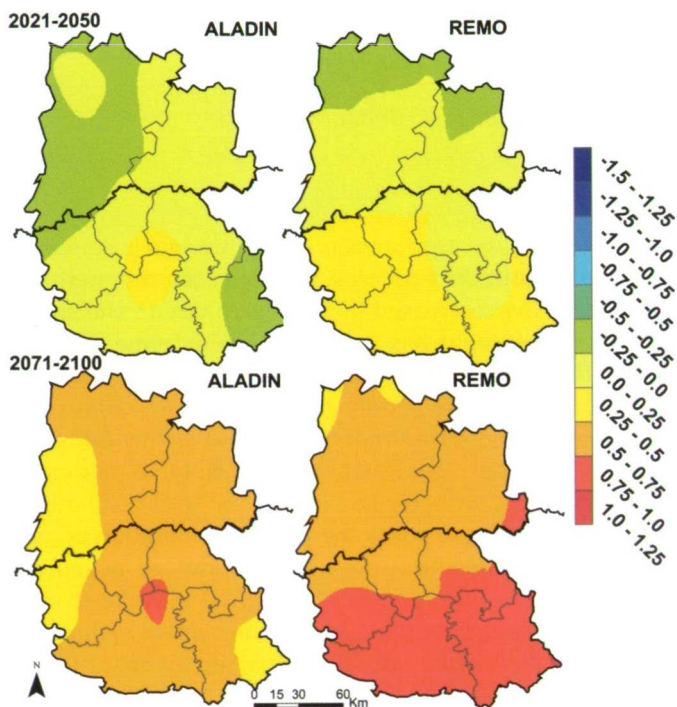
A modellezett klímaadatokra támaszkodó aszályveszély becslés kimutatta, hogy 2100-ig az aszályveszély mértéke a régió egész területén növekszik, sőt a jelenleg is legaszályosabb terület egységeken lesz a legnagyobb. Így ezeken a területeken a 21. században a mainál is komolyabb aszályproblémákra kell számítani. A változás ugyan lassú lehet, de a területi tervezésben mindenképpen figyelembe kell venni, mivel elősegítheti a felkészülést környezeti kockázatra.

padavina u centralnim i južnim delovima Vojvodine, dok su prema ALADIN modelu, samo centralne oblasti Vojvodine pogođene.

U jesenjim mesecima (septembar-novembar), vrednosti SPI indeksa, izračunate pomoću rezultata REMO i ALADIN modela pokazuju različite tendencije. Podaci REMO modela projektuju negativnu anomaliju padavina za period od 2021. do 2050, dok ALADIN projektuje povećanje padavina. Međutim, za period od 2071. do 2100. oba modela projektuju povećanje padavina. REMO ukazuje na značajniji rast, posebno u zapadnom delu Vojvodine, dok simulacije ALADIN modela ukazuju na blaže povećanje padavina.

Količina padavina u zimskim mesecima (decembar-februar) značajno doprinosi povećanju vodenih rezervi zemljišta. Od suštinske je važnosti videti kako će se menjati u budućnosti. Projektovana slika budućnosti nije definitivna, pošto podaci oba modela ukazuju različite tendencije. Do kraja ovog veka (2071-2100.) REMO pokazuje intenzivnije povećanje padavina zimi, naročito za Bács-Kiskun okrug. Suprotno tome, ALADIN pokazuje blag pad, posebno u severnim i severoistočnim delovima Csongrád i za Bács-Kiskun okruga i istočnog dela Centralnog Banata.

Procene opasnosti od suša zasnovane na modelovanim klimatskim podacima pokazali su da će se opasnost od suša povećati u pograničnom području do 2100 godine. Područja koja su danas pogođena će biti pod najvećim uticajem. U ovim oblastima, u 21. veku, čak i ozbiljniji problemi povezani sa sušom bi se mogli dogoditi. Iako bi stopa promene mogla biti spora, mora se uzeti u obzir u regionalnom planiranju, jer može potpomoći u procesu priprema mera odbrane i prevencije od prirodnih hazarda.



4.3. ábra Az átlagos 3 hónapos SPI a nyári hónapokra a 2021-2050 és 2071-2100 időszakokban a REMO és ALADIN modell szimulációk alapján az 1961-1990-es referencia időszakhoz viszonyítva

Slika 4.3 Tromesečni prosek SPI indeksa za letnje mesece u periodima između 2021-2050 i 2071-2100 na osnovu simulacije modelima REMO i ALADIN, u poređenju sa referentnim periodom između 1961-1990

Fig. 4.3 Mean SPI-3 for summer months for the periods of 2021-2050 and 2071-2100 compared to the reference period of 1961-1990 based on REMO and ALADIN model simulation data